Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

---

# Flammenphotometrische Untersuchungen auf Natrium und Kalium im Serum gesunder und urämischer Hunde

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

GÜNTER KÖHLER
Tierarzt aus Schleusingen

Berlin 1961

Journal Nr. 332

Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

---

# Flammenphotometrische Untersuchungen auf Natrium und Kalium im Serum gesunder und urämischer Hunde

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

GÜNTER KÖHLER
Tierarzt aus Schleusingen

Berlin 1961

Journal Nr. 332

6264/61

Gedruckt mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen
Fakultät der Freien Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. L. Felix Müller

Referent: Prof. Dr. L. Felix Müller

Korreferent: Prof. Dr. Dr. Dr. G. Schützler

Tag der mündlichen Prüfung: 22.6.61

Tag der Promotion: 10.7.61

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

## Inhaltsverzeichnis


| | |
|---|---|
| I. Einleitung | 3 |
| II. Schrifttum | 4 |
| III. Material und Methode | 14 |
| IV. Eigene Untersuchungen | 22 |
| a. Normalwerte | |
| b. Urämiker | |
| V. Diskussion | 40 |
| VI. Zusammenfassung | 47 |
| VII. Literaturverzeichnis | 49 |

## I. Einleitung

Die Mineralbestandteile des Organismus waren in den letzten Jahrzehnten Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Die große Bedeutung dieser Stoffe liegt in ihrer Unentbehrlichkeit bei einer ganzen Reihe von Lebensvorgängen. So gering auch der Anteil der anorganischen Substanzen im Blut auf den ersten Blick erscheint, so groß ist doch ihre Bedeutung für eine der wichtigsten physikalischen Konstanten des Blutes: für den osmotischen Druck. Darüber hinaus spielen sie eine wichtige Rolle bei zahlreichen Vorgängen im Organismus, von denen hier nur als Beispiel die Blutgerinnung, der Gewebsturgor und die Irritabilität der Nerven genannt sein sollen.

Da viele Erkrankungen den Serumionenspiegel beeinflussen, ist es klinisch von Bedeutung, eine möglichst fehlerfreie Meßmethode hierfür zu finden. Mit der Flammenphotometrie, der Bestimmung der Elemente durch ihr Flammenspektrum, verfügt die experimentelle Medizin und in steigendem Maße auch die klinische Diagnostik heute über eine Methode, die an Einfachheit und Schnelligkeit allen chemischen Methoden überlegen ist.

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, den Serumgehalt an Kalium und Natrium anhand einer größeren Zahl von Einzelmessungen bei klinisch gesunden Hunden zu ermitteln. Hierbei war zu prüfen, ob zwischen verschiedenen Altersklassen Unterschiede in der Konzentration dieser Mineralien im Serum bestehen.

Da bei Untersuchungen an urämischen Patienten in der Humanmedizin Verschiebungen der Serumwerte von Kalium und Natrium festgestellt wurden, ergab sich für mich weiterhin die Aufgabe, diese Frage bei urämischen Hunden zu klären.

## II. Schrifttum

Die Elemente Natrium und Kalium liegen im Organismus entweder in ionisierter Form vor, oder als wesentlicher Bestandteil eines großen organischen Moleküls (21), wobei Kalium hauptsächlich intrazellulär und Natrium vorwiegend extrazellulär zu finden ist.

Beide Elemente sind zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtszustandes in der Zelle notwendig. Von dem intrazellulären Kaliumgehalt ist die Menge des Wassers in der Zelle abhängig, das weiterhin von der Konzentration des extrazellulären Natriums beeinflußt wird. Bei einer Verschiebung der Natriumkonzentration in der extrazellulären Flüssigkeit kommt es zu einer Wasserverschiebung zwischen beiden Lösungsräumen bis der osmotische Druck wieder ausgeglichen ist (41). Natrium besitzt hydropigene Eigenschaften und ist somit von Bedeutung für den Wasserhaushalt. Bekannt ist demgegenüber die diuretische Wirkung des Kaliums, das als Kalium aceticum in der Ödemtherapie Verwendung findet (21).

Im Magen- Darmtraktus wird Natrium im Gegensatz zu Kalium sehr rasch und fast vollständig resorbiert. Auch seine Ver-

teilung und Ausscheidung erfolgt wegen seines fast ausschließlich extrazellulären Vorkommens schnell und reibungslos (46). Versuche mit oral zugeführtem Kalium und Natrium ergaben, daß innerhalb einer halben Stunde 58% des Natriums, aber nur 17% des Kaliums resorbiert wurden. Auch die Verweildauer des Kaliums im Organismus ist eine längere als die des Natriums. Aufgenommenes Kalium diffundiert schnell aus dem extrazellulären Flüssigkeitsraum und wird nächst der quergestreiften Muskulatur am meisten von der Leber gespeichert (46). Für die Regulation des Elektrolythaushaltes im Gewebe wie in der Körperflüssigkeit sorgen die Organe Hypophyse-Zwischenhirn und Nebennierenrinde. Sie beeinflussen den Mineralstoffwechsel auf hormonal-nervösem Wege (21). Das zweite Regulationsorgan der Mineralsubstanzen sind die Nieren. Sie sind für die Ausscheidung oder für das Verbleiben der anorganischen Bestandteile im Körper verantwortlich. Über sie werden die überzähligen Natrium- und Kaliummengen mit dem Harn ausgeschieden (18).

Daneben verliert der Körper NaCl durch den Schweiß, und unter pathologischen Verhältnissen erfolgt eine Natriumausscheidung auch durch den Darm (46).

Bei fast natriumfreier Kost paßt sich die renale Ausscheidung dem mangelhaften Angebot an, und der Harn ist praktisch natriumfrei. Demgegenüber geht der Kaliumgehalt im Harn bei geringem Angebot nur sehr langsam zurück, und selbst bei kaliumfreier Kost ist der Harn nicht völlig kaliumfrei. Auch bei fehlender Zufuhr verliert der Körper durch den Darm stets Kalium (46).

Im Hungerstadium steigt die Kaliumausschüttung langsam an, was jedoch für den Organismus keinen direkten Kaliumverlust bedeutet, denn dieses abgegebene Kalium entspricht etwa der infolge Gewebseinschmelzung frei gewordenen Kaliummenge (34). Auch Morgulis (36) stellte bei hungernden Hunden keine wesentliche Veränderung des Serumkaliumspiegels fest.

Eine allzu reichliche Kaliumaufnahme führt zu einer starken Verarmung des Organismus an Natrium (9). Die dabei auftretende Natriumausscheidung beruht anscheinend auf einer Verschiebung der Wassermenge vom extrazellulären Raum in den intrazellulären Raum, wodurch das Natrium zur Ausscheidung gezwungen wird (46). Verschiedene Autoren (45, 17) berichten in diesem Zusammenhang von einem akut auftretenden Salzhunger der Tiere. Scharrer (44) führt diesen auf eine Demineralisierung des Organismus an Natrium zurück, da nach seiner Meinung stets Kaliumionen mit Natriumionen gleichzeitig ausgeschieden werden.

Natrium liegt im Organismus dissoziiert als Kation von Cl, Bikarbonat und pathologischen Säuren vor. Dadurch, daß es die verschiedenen Bindungsmöglichkeiten je nach Bedarf ändern kann, ist es zu einem wichtigen Faktor in der Regulation des Säurenbasenhaushaltes geworden (21). In der extrazellulären Flüssigkeit das an Menge weitaus überwiegende Kation neutralisiert es über 90% der sauren Valenzen (46). Von Bedeutung ist ferner die Funktion des Natriums als Aktivator der Speichelamylase, außerdem erfüllt es Aufga-

ben bei der Quellung der Proteine.

Für den Stoffwechsel des lebenden Gewebes ist die Anwesenheit des Kaliums von Wichtigkeit. Es kann sowohl eine Steigerung wie auch eine Herabsetzung desselben bewirken (8). Brock, Druckrey und Herken (8) fanden bei Versuchen mit Speicheldrüsenschnitten, die nur kurz in eine kaliumfreie Ringerlösung gebracht wurden, eine beträchtliche Erhöhung des Gewebestoffwechsels. Gab man Kalium hinzu, so sank er wieder auf normale Werte ab. Wurde der Stoffwechselablauf in kaliumfreier Ringerlösung über längere Zeit verfolgt, sank er nach mehreren Stunden unter die Norm ab. Nach Zugabe von Kalium erreichte der Stoffwechsel abermals die normale Höhe. Brock (8) kommt auf Grund seiner Versuche zu der Auffassung, daß Kalium für den Grundstoffwechsel scheinbar nicht notwendig ist, wohl aber für den Erregungsstoffwechsel und für die Erholung des Gewebes. Bei jeder Erregung oder Schädigung des Gewebes tritt Kaliumverlust desselben ein. Dies ist aber nicht als Ursache der Erregung anzusehen, sondern lediglich als deren Folge (53). Soll eine Erholung erfolgen, so muß auch eine Wiedereinwanderung von Kalium in die Zelle stattfinden.

Darüber hinaus erfüllt Kalium wichtige Aufgaben bei der Bildung aerober Säuren im Gewebe. Da solche bei der Spaltung der Kohlehydrate entstehen, ist Kalium sehr eng mit dem Kohlehydratstoffwechsel im Organismus verknüpft (8,46). Aus diesem Grunde vermag Kaliummangel im Lebergewebe, das reich an Glykogen ist, gefährliche Schädigungen hervorzurufen. Brock (8) beobachtete ferner die Bildung aerober Säuren bei

Zellteilungs-, Wachstums- und Entwicklungsvorgängen, und er kommt zu der Annahme, daß Kalium deshalb bei diesen Vorgängen vermehrt notwendig ist.

Kalium ist durch kaliumfreie Ringerlösung aus dem Gewebe nicht auswaschbar. Das zeigt, daß es sich in der Zelle nicht als freies, diffusibles Kation befindet, sondern an ein Molekül gebunden ist und nur bei Erregung frei gesetzt wird (8).

Die Wirkung des Kaliums bei den Gewebsprozessen scheint nur von seiner Ionengröße und Ionenbewegung abzuhängen. Brock und seine Mitarbeiter (8) ermittelten, daß Kalium auch durch ein anderes Element vertreten werden kann, das seiner Ionenart sehr nahe kommt. Bei ihren Versuchen ersetzten sie Kalium durch Rubidium.

Als Energiequelle erfüllt das Kalium- Natrium- Potential wichtige Aufgaben bei der Muskeltätigkeit (15). Bei jeder Muskelkontraktion treten Kaliumionen aus der Muskelzelle aus, und Natriumionen wandern in diese hinein. Diese Kaliumionen erscheinen aber nicht im Blut, sondern werden zusammen mit Milchsäure von der Leber aufgenommen und dort gespeichert. In der Erholungsphase wird es wieder mit Glykogen der Muskelfaser zugeführt. Der Kalium- Natrium- Ionenaustausch kann aber nur erfolgen, wenn für Kalium nach außen ein Konzentrationsgefälle besteht, und extrazellulär genügend Natrium vorhanden ist. Ein Mangel an extrazellulärem Natrium bewirkt ebenso eine Lähmung der Muskelerregbarkeit wie eine extrazelluläre Kaliumerhöhung (13).

Aber nicht nur für die Muskelarbeit, sondern schon für die Bildung und das Wachstum der Muskelzelle ist Kaliumzufuhr unerläßlich (19).
Durch ihren hohen Kaliumgehalt sorgt die Muskulatur auch für die Erhaltung der Kaliumkonzentration im Blut. Kommt es zu einem Kaliumverlust desselben, gibt der Muskel die benötigte Kaliummenge ab, bis normale Werte vorliegen (49).

Andererseits kann die Muskelzelle ohne eigenen Bedarf Kalium aus der extrazellulären Flüssigkeit aufnehmen, um dadurch den Normalgehalt in dieser wieder herzustellen (46).
Die Bedeutung des Vorhandenseins von Natrium und Kalium für die Herztätigkeit ist lange bekannt.
In kaliumfreier isotonischer Lösung kommt ein isoliertes Herz schnell zum Stillstand. Fügt man Kalium in der nötigen physiologischen Konzentration hinzu, setzt wieder die normale Herzfunktion ein. Ein Kaliumübergewicht ruft Pulsverlangsamung, Verstärkung der Herzkontraktionen und schließlich eine Herzlähmung hervor. Es kommt zu einem diastolischen Herzstillstand. Dieser Effekt kann aber durch das antagonistisch wirkende Calcium behoben werden (46, 21). Eine reine Calciumlösung führt dagegen zum systolischen Herzstillstand.

Die einzelnen Blutbestandteile weisen hinsichtlich der Konzentration ihrer Mineralien beträchtliche Unterschiede auf. So wird der Natriumgehalt im Plasma des Menschen mit 300-340 mg%, die Kaliummenge mit nur 20mg% angegeben. Für die roten Blutkörperchen des Menschen nennt Heilmeyer (21) eine

Kaliumkonzentration von 430 mg%. Kaufheil (27) kommt zu der Auffassung, daß Patienten mit einer geringen Erythrozytenzahl einen niedrigen Kaliumspiegel des Gesamtblutes aufweisen. Seine Versuche zeigen, daß der Kaliumspiegel des Gesamtblutes in keiner direkten Beziehung zum Kaliumspiegel des Serums steht. Er vertritt die Meinung, daß der Kaliumgehalt des Serums umso höher liegt, je intensiver der Blutkörperchenzerfall ist, so daß der Kaliumserumspiegel möglicherweise einen Hinweis auf eine derartige Erkrankung geben kann. Kaufheil (27) selbst sieht hierin eine Möglichkeit zur Unterscheidung der perniziösen Anämie von der hämolytischen Anämie.

Kment (29) fand beim Rind 2 Minuten nach Eintritt des Todes eine Erhöhung des Kaliumserumgehaltes um 20%. Diese Zunahme führt er auf eine Kaliumabgabe aus der Muskulatur während der agonalen Bewegungen und Krämpfe zurück, sowie auf eine Zunahme der Permeabilität der Erythrozytenmembran, bedingt durch Sauerstoffmangel.

Nach Rix, Peitmann (43) und Heilmeyer (21) bedingt eine allzu reichliche Zufuhr von Natrium bzw. Kalium eine vorübergehende Erhöhung des jeweiligen Ionenserumspiegels. Auch Brix (7) und Abderhalden (1) verzeichnen einen Anstieg des Kalium- oder Natriumgehaltes im Serum bei übermäßigem Angebot der Elemente im Futter. Demgegenüber sieht Baumgarten (4) keinen Einfluß des Natriums im Futter auf den Natriumgehalt im Blut. Die erhöhte Serumionenkonzentration kehrt, wie durch einen enteralen Kalium- bzw. Natriumbelastungsversuch

nachgewiesen werden konnte, nach etwa 2 Stunden zur Norm zurück (34).

Brix (7) beschreibt bei jungen Hunden einen höheren Kaliumserumspiegel als bei älteren, während Benetato (6) bei Untersuchungen an Menschen und Ratten eine beträchtliche Zunahme des Kaliumgehaltes im Serum bei gleichzeitiger Abnahme des Gewebekaliums fand.

Bei hochtragenden Tieren stellte Kornberg (30) eine Erhöhung der Natriumkonzentration im Serum fest,doch tritt nach Klaus (28) eine Veränderung bei graviden Hunden nur innerhalb physiologischer Grenzen auf.

Andere Autoren (32) beobachteten auch bei Schwangerschaftserbrechen ein Absinken des Kaliumserumspiegels, welcher sich schnell durch intravenöse Kaliumgaben normalisieren läßt. Meistens weist der Organismus bei erniedrigten Serumwerten auch einen geringen Gehalt an Zellkalium auf. Nach Gaben von Insulin, Glucose und Applikation von Testosteron treten Kaliumionen aus dem extrazellulären Raum in die Zelle über, was sich in einem Absinken der Kaliumwerte bei normalem Zellkaliumgehalt äußert (35).

Dagegen steigt bei Exsikkosen der Kaliumgehalt im Serum über die Norm bei gleichzeitigem intrazellulärem Kaliummangel (14).

Da die Leber eine wichtige Rolle im Kaliumstoffwechsel spielt, ist es erklärlich, daß chronische Leberparenchymschäden Veränderungen des Kaliumgehaltes im Serum hervorrufen können,in Form einer Hypokaliämie, die mit der Schwere der Erkrankung zunimmt (3).

Auch bei sekundärer Beteiligung der Leber, z.B. bei Pilzvergiftungen wird ein Absinken des Kaliumserumspiegels beobachtet (20, 38).
Gaben von Quecksilberpräparaten können ebenfalls eine Verschiebung der Serumelektrolyte zur Folge haben (48).
Durch Ausschaltung des tubulären Apparates der Niere erfährt die Rückresorption eine Einschränkung, bzw. wird vollständig unterbunden. Es erfolgt eine vermehrte Ausscheidung der Elektrolyte durch den Harn, was wiederum eine Verminderung der Kalium bzw. Natriumionen im Serum nach sich zieht (20, 38).
Eine Erhöhung der Kaliumwerte im Serum bis auf das Doppelte der Norm fand man bei Anurie (15).
Bei tubulären Anurien infolge von Verbrennungen und Transfusionen unverträglichen Blutes wurde eine größere Kaliumkonzentration im Serum festgestellt (12).
Darüber hinaus rufen Traumem, Entzündungen und Gewebsquetschungen durch Übertritt des intrazellulären Kaliums in den extrazellulären Raum eine Vermehrung des Serumkaliums hervor (31).
Die Kaliumausscheidung durch die Nieren beruht auf einem Zusammenspiel von Glomerulusfiltration, Rückresorption durch die proximalen und Sekretion durch die distalen Tubuli (9). Hierdurch wird es verständlich, daß bei Nierenkrankheiten sowohl eine Hyperkaliämie als auch eine Hypokaliämie auftreten kann (26, 33). Auf Grund der Fähigkeit der Niere in den distalen Tubulusanteilen Kalium aktiv zu sezernieren, vermag eine insuffiziente Niere unter Um-

ständen einen normalen Kaliumserumspiegel aufrechtzuerhalten. Dagegen zeigen Nierenkrankheiten, die zu urämischen Formen neigen, stets einen erhöhten Kaliumserumspiegel (38).

Nelken und Steinitz (39) berichten in diesem Zusammenhang von einer Vermehrung des Serumkaliums bei Nephritiden, wobei sie jedoch feststellen, daß eine Regelmäßigkeit oder bestimmte Beziehung zu der jeweiligen Schwere der Erkrankung nicht nachzuweisen ist.
Heuchel (25) verzeichnet bei seinen Beobachtungen aus der Humanmedizin bei Niereninsuffizienz neben einem erhöhten Kaliumserumspiegel eine verminderte Serumnatriumkonzentration. Er nimmt an, daß die Verschiebung der Elektrolytwerte durch Gefäßwandveränderungen, bedingt durch die urämische Intoxikation, verursacht werden, so daß ein Austritt von Natrium aus dem Gefäßsystem und ein Einwandern von Kalium aus dem Gewebe stattfindet.

## III. Material und Methode

Einen Teil des Untersuchungsmaterials zur Bestimmung der Normalwerte von Kalium und Natrium bezog ich aus einem Tierheim. Der andere Teil stammte von gesunden und urämischen Hunden, die in der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere vorgestellt wurden.

Die Versuchsreihe 1 erfaßt die Serumwerte von 140 klinisch gesunden Hunden, die ich nach ihrem Alter in 7 Gruppen einteilte. Die Versuchsreihe 2 erstreckt sich auf Patienten, bei denen anhand einer Blutharnstoffbestimmung, sowie unter Berücksichtigung der Krankheitssymptome der klinische Befund: Urämie erhoben wurde. Sie ist in 2 Gruppen gegliedert, deren erste diejenigen Fälle enthält, bei denen der klinische Befund durch eine pathologisch - anatomische Zerlegung erhärtet wurde. Die Sektionen wurden im Institut für Veterinärpathologie der Freien Universität durchgeführt (Dir. Prof. Dr. W. Renk)[1]. Die Gruppe 2 umfaßt die Fälle, bei denen ich nur die klinische Diagnose heranziehen konnte, da die Sektion dieser Tiere aus äußeren Gründen nicht durchgeführt werden konnte.

Die Blutentnahme erfolgte durch Punktion der Vena cephalica antebrachii unter Verwendung von weitlumigen, innen polierten Kanülen aus V2A Stahl. Die ersten Tropfen wurden verworfen, sodann ließ ich das Blut in ein silikonisiertes

1) Für die Überlassung der pathologischen Diagnosen bin ich Herrn Prof. Dr. W. Renk zu Dank verpflichtet.

Zentrifugengläschen laufen. Im Anschluß daran wurde 15 Minuten lang bei 3000 Umdrehungen pro Minute zentrifugiert, und nach Ablösen der Speckhaut dasselbe 10 Minuten lang wiederholt. Nun konnte der Serumüberstand abgegossen werden und stand nach entsprechender Verdünnung zur Untersuchung bereit.

Die Untersuchungen zur Bestimmung des Kalium- und Natriumgehaltes im Serum wurden an einem Flammenphotometer der Firma Zeiss vom Typ PF5 durchgeführt.
Das Prinzip der Flammenphotometrie ist von Pigor (41) eingehend dargelegt worden. Es beruht im wesentlichen auf der Zerstäubung einer Lösung, in der die zu bestimmenden Elemente enthalten sind. Der hierbei entstehende Flüssigkeitsnebel wird einer Flamme zugeführt, durch die die Elektronen der Elemente eine Energiezufuhr erfahren, die sie befähigt, auf höhere Elektronenschalen überzuspringen. Bei der Rückkehr auf ihre ursprüngliche Bahn wird die frei werdende Energie als Strahlung abgegeben. Es entsteht so ein Flammenspektrum, das für das betreffende Atom charakteristische Merkmale aufweist. Die Strahlungsintensität ist ein Maß für die Konzentration der Atome in der Flamme.
Als Betriebsstoff der Flamme benutzte man bisher sehr unterschiedliche Gasgemische. Viele Autoren machten von einer Leuchtgas - Preßluftflamme Gebrauch, andere nahmen an Stelle von Preßluft Sauerstoff, der mit Leuchtgas, Azetylen oder mit Wasserstoff kombiniert wurde (22). Sehr verbreitet ist die Verwendung von Azetylen als Brenngas, das

auch bei der vorliegenden Arbeit benutzt wurde.

Nach Einschalten des Gerätes wird die Preßluft mittels einer Leitung zum Zerstäuber geführt. Die kleinsten Tröpfchen der zerstäubten Flüssigkeit gelangen zum Brenner, während die großen Tropfen an der Zerstäuberwand abfließen. Zur Selektion eines Spektrums ist ein Filter vorgeschaltet, das uns die charakteristischen Spektrallinien eines Elementes isoliert, d.h. alle unerwünschten Spektrallinien ausschaltet. Bei vorliegender Arbeit wurde ein Filterrevolver benutzt, der zur Messung von Kalium-, Natrium- und Calciumspektren geeignete Filter enthielt.
Ein Kondensor nimmt die Strahlung der Flamme auf und leitet sie durch das gewählte Filter zu einem Sekundärelektronenvervielfacher, wo der Strom verstärkt und von einem Galvanometer an der Skala des Apparates angezeigt wird.
Das von mir benutzte Flammenphotometer besaß eine Spezialskala, die die Aufstellung von Eichkurven überflüssig machte. Anstelle von selbsthergestellten Eichlösungen benutzte ich Titrisolampullen der Firma E. Merck Darmstadt. Dieser Umstand erlaubte es mir, schnell und fehlerfrei die gewünschten Haupteichlösungen, Blindlösungen und Verdünnungslösungen durch Auffüllen der genannten Ampullen auf 1000 ml mit Aqua bidestillata zu erhalten. Die Blindlösung diente bei der Kaliumbestimmung zur Einstellung des Nullpunktes, während die Verdünnungslösung neben ihrem Gebrauch zur Verdünnung der Proben, Haupteichlösungen und Kaliumblindlösungen auch als Blindlösung bei der Natriumbestimmung Verwendung fand.

Anhand einer Tabelle soll die Zusammensetzung der für die einzelnen Lösungen benutzten Ampullen angegeben werden.

| | NaCl | KCl | CaCO | zu lösen |
|---|---|---|---|---|
| Haupteichlösung | 8,39 | 0,286 | 0,250 | 1000 ml |
| K.- Blindlösung | 8,39 | - | 0,250 | 1000 ml |

Die Verdünnungslösung enthält HCl zur Homogenisierung des Serums, außerdem ein Netzmittel zur Erniedrigung der Oberflächenspannung bei der Zerstäubung, und ferner Phosphat in Form von $(NH_4)_2\ HPO_4$. Der Phosphatzusatz dient nach Herrmann (23) als Puffer für den Phosphatgehalt des Serums, um dessen Einfluß bei der Calciumbestimmung auszuschalten. Für die Messung wurden die Sera, sowie die Eichlösungen und Blindlösungen mit der Verdünnungslösung verdünnt:
Für die Natriumbestimmung im Verhältnis 1:100,
für die Kaliumbestimmung im Verhältnis 1:20.
Als normaler Betriebsdruck wurde bei der Arbeit mit dem Gerät für Preßluft 1,0 atü und für Azetylen 175 mm/Ws gewählt.

Nach Inbetriebnahme des Gerätes wurde zur Kontrolle des Zerstäubers und zur Reinigung der Kanüle bidestilliertes Wasser zerstäubt. Nach Einschaltung des Natrium- bzw. des Kaliumfilters erfolgte das Einstellen des Nullpunktes und die Eichung. Diesen Vorgang wiederholte ich zwecks Vorermüdung des Photoelementes so lange, bis konstante Verhältnisse eingetreten waren.
Zur Durchführung der Eichung wurde die Blindlösung, die für Natrium in der Verdünnungslösung bestand, zerstäubt und der

Flammenuntergrund auf Anzeige Null kompensiert. Es folgte die Vernebelung der Haupteichlösung. Daraufhin wurde der Ausschlag mit Hilfe der Verstärkung auf die Eichmarke der Natrium-Skala bei 330 mg/100 ml, oder bei der Kaliummessung auf die Eichmarke der Kalium-Skala auf 15 mg/100 ml eingestellt. Das Zerstäuben der Probe zeigt dann die Konzentration des untersuchten Elementes im Serum in Milligramm pro 100 ml an.

Zur Durchführung korrekter Untersuchungen ist es unumgänglich, etwa auftretende Fehlerquellen zu erkennen und möglichst auszuschalten.

Ursachen von Fehlergebnissen können schon bei der Blutentnahme durch zu enge und unsaubere Kanülen, sowie durch nicht alkalifreie Auffangröhrchen entstehen.

Psychische Einflüsse, wie Angst und Aufregung des Patienten werden darüber hinaus als Grund für abweichende Ergebnisse angegeben. Auch der Tötungsakt scheint nach Meinung verschiedener Autoren von Einfluß auf den Kaliumserumspiegel zu sein. Eisenhardt (13) und Sommer (50) berichten übereinstimmend über einen Anstieg von Kalium im Serum bei Schweinen, die elektrisch oder durch Bolzenschuß betäubt wurden.

Nach der Blutentnahme ist für unverzügliches Zentrifugieren zu sorgen. Sommer (50) konnte in diesem Zusammenhang bei Schweinen nachweisen, daß ein Kaliumanstieg im Serum bei zunehmenden Zeitintervallen zwischen Entnahme und Zentrifugieren auftritt. Zu dem gleichen Ergebnis kommt auch Muth (37). Der Grund hierfür dürfte neben einer beginnenden Hämolyse

in einem Ionenaustausch zwischen Erythrozyten und Serum bestehen (47) infolge Membranveränderungen der Blutkörperchen (37). Der Kaliumaustausch zwischen Serum und Erythrozyten ist stark temperaturabhängig. Daher sollte man Temperaturänderungen bei der Zubereitung des Serums vermeiden. Zur Feststellung des Einflusses der Hämolyse auf den Kaliumgehalt im Serum führte ich Vorversuche durch, wobei vollhämolytische Seren mit nichthämolytischen derselben Patienten verglichen wurden. Hierbei zeigte sich, daß erstere einen Kaliumgehalt aufwiesen, der 0,2 bis 0,5 mg% über dem des normalen Serums lag. Um diesen wenn auch geringen störenden Einfluß auszuschalten, wurden Seren, die Anzeichen von Hämolyse aufwiesen, verworfen.

Für die Gewährleistung exakter Ergebnisse ist die sachgemäße Aufbewahrung der benötigten Lösungen und der Instrumente von Bedeutung. Meine Lösungen, wie auch das bidestillierte Wasser hielt ich in Kautexflaschen vorrätig, da Glasflaschen stets Ionen an die Flüssigkeit abgeben (17).

Die Flaschen wurden gut verschlossen gehalten, um Verunreinigungen durch die Luft und um etwa auftretenden Konzentrationsverschiebungen durch Verdunstung vorzubeugen (51).

Die Reinigung der Gefäße und Pipetten erfolgte durch 24 stündiges Einlegen in kalte Chromschwefelsäure. Anschließend wurden die Geräte unter fließendem Leitungswasser gewaschen und mit Aqua bidestillata gründlich gespült.

Faktoren, die zu Ungenauigkeiten beim Meßvorgang Anlaß geben können, sind inkonstantes Brennen der Flamme (24), gegenseitige Beeinflussung der Elemente in der Intensität ihrer

Spektrallinien (40, 5), ferner unterschiedliche Oberflächenspannung zwischen den einzelnen Meßlösungen (41) und Ermüdungserscheinungen der Photozellen (41, 24).
Als Ursachen für inkonstantes Brennen der Flamme sind zu nennen neben Zugluft, die Nichtbeachtung der vorgeschriebenen Betriebsdrucke für Azetylen und Preßluft, ferner die Verunreinigung der BrennerkZappe bzw. die Verunreinigung der Raumluft.
Eine gegenseitige Beeinflussung der Elemente in der Flamme ist beim Vorhandensein großer Konzentrationen der Lösungspartner zu befürchten. Wegen des verhältnismäßig geringen Kaliumgehaltes im Vergleich zur Konzentration des Natriums im Serum muß bei der Kaliummessung die Beeinflussung desselben durch das Natrium berücksichtigt werden. Diese Abweichungen versuchte man durch Verwendung einer Propan- Luft- Flamme auszuschalten, wodurch die Emission der Erdalkalien nur geringfügig angeregt wird, so daß eine ins Gewicht fallende Störung der Ergebnisse nicht zu befürchten ist. Darüber hinaus wurde festgestellt, daß durch gewisse Substanzen, wie Aluminiumnitrat, Titanchlorid und Strontiumchlorid, die Emission des Störelementes weitgehend unterdrückt werden kann. Die von mir verwendete Eichlösung enthielt die zu erwartende mittlere Konzentration von 330 mg/100 ml des Störelementes Natrium, wodurch der Einfluß auf das Kalium berücksichtigt wurde. Ergab sich bei der Messung des Natriums eine bedeutende Abweichung von der genannten Konzentration, so wurde der Fehler mittels einer vom Werk mitgelieferten Korrektur-

tabelle ausgeschaltet.

Zur Vermeidung von Fehlergebnissen durch unterschiedliche Oberflächenspannung enthielten die von mir verwendeten Lösungen das erwähnte Netzmittel Sterox, wodurch eine allgemeine Herabsetzung der Oberflächenspannung erzielt wurde.

Schließlich bildet eine nicht berücksichtigte Ermüdung des Photoelementes bei längeren Meßreihen einen weiteren Störfaktor. Die von der Photozelle ausgehenden Ströme werden geringer. Nach etwa 20 Minuten stellt sich jedoch ein gleichbleibender Wert ein. Aus diesem Grunde ist es notwendig, erst nach Eintritt konstanter Verhältnisse mit den Messungen zu beginnen.

## IV. Eigene Untersuchungen

### I. Versuchsreihe

Nachstehend sind die Serumwerte von Kalium und Natrium normaler Hunde aufgeführt, wobei die erwähnte Einteilung in verschiedene Altersstufen getroffen wurde. Entsprechend dem intensiveren biologischen Geschehen im jugendlichen Organismus, wurden für die jüngeren Altersklassen enger begrenzte Zeitabschnitte gewählt.
Die ursprünglich beabsichtigte Aufstellung einer Gruppe, die Welpen bis zu einem bzw. zwei Monaten enthalten sollte, konnte mangels geeigneter Probanden nicht durchgeführt werden.

Gruppe 1 (bis 6 Monate)

| Nr. | Rasse | Alter | Geschl. | Serum-K. in mg% | Serum-Na in mg% |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Schäferhund | 4 Mon. | männl. | 21,0 | 354 |
| 2 | Schäferhund | 4 Mon. | weibl. | 20,6 | 345 |
| 3 | Schäferhund | 4 Mon. | männl. | 20,6 | 355 |
| 4 | Schäferhundbast. | 5 Mon. | männl. | 20,6 | 360 |
| 5 | Pudel | 4 Mon. | weibl. | 20,4 | 360 |
| 6 | Pudel | 4 Mon. | weibl. | 21,4 | 365 |
| 7 | Terrierbast. | 3 Mon. | weibl. | 20,2 | 355 |
| 8 | Schäferhund | 5 Mon. | männl. | 18,2 | 350 |
| 9 | Schäferhund | 3 Mon. | männl. | 21,0 | 360 |
| 10 | Schäferhund | 4,5 Mon. | männl. | 18,8 | 345 |
| 11 | Schäferhund | 4,5 Mon. | männl. | 18,4 | 340 |

Gruppe 2 (6 bis 12 Monate)

| Nr. | Rasse | Alter | Geschl. | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bastard | 7 Mon. | weibl. | 18,5 | |
| 2 | Bastard | 7 Mon. | männl. | 20,2 | |
| 3 | Schäferhundbast. | 7 Mon. | männl. | 18,0 | 345 |
| 4 | Schnauzerbast. | 7 Mon. | weibl. | 20,4 | |
| 5 | Schäferhund | 7,5 Mon. | männl. | 18,8 | 345 |
| 6 | Schäferhund | 9 Mon. | weibl. | 18,8 | 350 |
| 7 | Schäferhund | 10 Mon. | weibl. | 19,2 | 355 |
| 8 | Schäferhund | 10 Mon. | weibl. | 20,0 | 360 |
| 9 | Terrierbast. | 1 Jahr | männl. | 20,4 | |
| 10 | Terrierbast. | 1 Jahr | männl. | 19,4 | 350 |
| 11 | Schäferhundbast. | 1 Jahr | weibl. | 19,0 | 340 |
| 12 | Foxterrier | 1 Jahr | weibl. | 19,6 | 345 |
| 13 | Bastard | 1 Jahr | weibl. | 18,0 | 345 |
| 14 | Schäferhund | 1 Jahr | weibl. | 18,0 | 340 |
| 15 | Schäferhund | 1 Jahr | weibl. | 18,8 | 345 |
| 16 | Schäferhund | 1 Jahr | weibl. | 19,0 | 345 |
| 17 | Schäferhund | 1 Jahr | männl. | 19,6 | 350 |
| 18 | Schäferhund | 1 Jahr | männl. | 19,0 | 350 |
| 19 | Bastard | 1 Jahr | weibl. | 19,8 | |

---

Gruppe 3 (1 bis 2 Jahre)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Spanielbast. | 1,5 Jahre | männl. | 19,0 | 350 |
| 2 | Spitz | 1,5 Jahre | weibl. | 18,6 | 350 |
| 3 | Bulli | 1,5 Jahre | weibl, | 19,2 | 345 |

| Nr. | Rasse | Alter | Geschl. | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Airedale | 1,5 Jahre | männl. | 17,0 | 340 |
| 5 | Vorstehhund | 1,5 Jahre | männl. | 19,4 | 345 |
| 6 | Schäferhund | 2 Jahre | weibl. | 18,4 | 345 |
| 7 | Schäferhund | 2 Jahre | weibl. | 18,0 | 340 |
| 8 | Bastard | 2 Jahre | weibl. | 17,0 | 340 |
| 9 | Bastard | 2 Jahre | weibl. | 18,8 | 340 |
| 10 | Schäferhund | 2 Jahre | männl. | 19,0 | 345 |
| 11 | Schäferhund | 2 Jahre | männl. | 18,0 | 340 |
| 12 | Schäferhund | 2 Jahre | männl. | 19,2 | 345 |
| 13 | Schäferhund | 2 Jahre | männl. | 18,2 | 340 |
| 14 | Terrierbast. | 2 Jahre | männl. | 19,6 | |
| 15 | Dogge | 2 Jahre | männl. | 17,4 | |
| 16 | Dogge | 2 Jahre | männl. | 17,8 | |
| 17 | Leonberger | 2 Jahre | männl. | 18,0 | 345 |
| 18 | Schnauzerbast. | 2 Jahre | weibl. | 19,0 | |
| 19 | Foxterrier | 2 Jahre | männl. | 17,4 | 345 |

---

Gruppe 4 (2 bis 4 Jahre)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Spitzbast. | 3 Jahre | männl. | 18,0 | |
| 2 | Foxterrier | 3 Jahre | männl. | 16,6 | |
| 3 | Terrierbast. | 3 Jahre | männl. | 19,2 | |
| 4 | Schäferhund | 3 Jahre | männl. | 18,0 | 340 |
| 5 | Colli | 3 Jahre | männl. | 17,6 | 335 |
| 6 | Schäferhund | 3 Jahre | männl. | 17,0 | 345 |
| 7 | Airedale | 3 Jahre | männl. | 16,8 | 340 |

| Nr. | Rasse | Alter | Geschl. | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Terrierbast. | 3 Jahre | männl. | 17,8 | 345 |
| 9 | Airedale | 3 Jahre | weibl. | 17,2 | 340 |
| 10 | Boxerbast. | 3 Jahre | weibl. | 17,8 | 340 |
| 11 | Schäferhund | 3 Jahre | weibl. | 17,8 | 345 |
| 12 | Terrierbast. | 3 Jahre | weibl. | 16,8 | 330 |
| 13 | Boxer | 4 Jahre | männl. | 16,6 | 340 |
| 14 | Schnauzerbast. | 4 Jahre | männl. | 16,8 | 340 |
| 15 | Pudel | 4 Jahre | männl. | 16,4 | 330 |
| 16 | Schnauzer | 4 Jahre | männl. | 17,8 | 345 |
| 17 | Terrierbast. | 4 Jahre | weibl. | 17,6 | |
| 18 | Boxer | 4 Jahre | weibl. | 16,0 | 330 |

---

Gruppe 5 (4 bis 6 Jahre)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Schäferhund | 4,5 Jahre | männl. | 18,0 | 345 |
| 2 | Schäferhund | 4,5 Jahre | männl. | 18,4 | 340 |
| 3 | Spaniel | 5 Jahre | männl. | 16,8 | |
| 4 | Irish Setter | 5 Jahre | männl. | 17,0 | |
| 5 | Boxer | 5 Jahre | männl. | 17,2 | |
| 6 | Schäferhund | 5 Jahre | männl. | 16,0 | 335 |
| 7 | Schäferhund | 5 Jahre | männl. | 16,2 | 335 |
| 8 | Foxterrier | 5 Jahre | weibl. | 17,0 | 330 |
| 9 | Teckel | 5 Jahre | weibl. | 16,8 | 340 |
| 10 | Chow-Chow | 5 Jahre | weibl. | 17,0 | 335 |
| 11 | Boxer | 5 Jahre | weibl. | 17,2 | 330 |
| 12 | Schäferhund | 5 Jahre | weibl. | 17,6 | 335 |

| Nr. | Rasse | Alter | Geschl. | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 | Bastard | 5,5 Jahre | männl. | 16,8 | 335 |
| 14 | Schäferhund | 6 Jahre | männl. | 16,0 | 330 |
| 15 | Schäferhund | 6 Jahre | männl. | 16,6 | 335 |
| 16 | Schäferhund | 6 Jahre | männl. | 16,4 | 335 |
| 17 | Schäferhund | 6 Jahre | männl. | 16,2 | 330 |
| 18 | Dtsch. Langh. | 6 Jahre | männl. | 17,0 | 330 |
| 19 | Schäferhund | 6 Jahre | weibl. | 17,4 | 335 |
| 20 | Scotch | 6 Jahre | weibl. | 16,4 | 345 |

---

Gruppe 6 (6 bis 9 Jahre)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Neufundl. | 6,5 Jahre | männl. | 16,8 | 335 |
| 2 | Schäferhund | 6,5 Jahre | männl. | 16,4 | 335 |
| 3 | Boxer | 7 Jahre | männl. | 16,2 | |
| 4 | Schnauzer | 7 Jahre | männl. | 15,6 | 325 |
| 5 | Schäferhund | 7 Jahre | weibl. | 16,0 | 330 |
| 6 | Boxer | 7 Jahre | weibl. | 16,0 | 325 |
| 7 | Schäferhund | 7 Jahre | weibl. | 15,8 | 330 |
| 8 | Bastard | 7 Jahre | weibl. | 16,0 | 330 |
| 9 | Schäferhund | 7,5 Jahre | männl. | 18,8 | |
| 10 | Schäferhund | 8 Jahre | männl. | 16,2 | |
| 11 | Pudel | 8 Jahre | männl. | 16,0 | |
| 12 | Schäferhund | 8 Jahre | männl. | 15,6 | 330 |
| 13 | Teckel | 8 Jahre | männl. | 15,6 | 330 |
| 14 | Chow-Bast. | 8 Jahre | männl. | 16,2 | 330 |
| 15 | Schäferhund | 8 Jahre | weibl. | 15,4 | |

| Nr. | Rasse | Alter | Geschl. | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
|---|---|---|---|---|---|
| 16 | Schäferhund | 8 Jahre | weibl. | 16,2 | |
| 17 | Boxerbast. | 8 Jahre | weibl. | 16,6 | 335 |
| 18 | Airedale | 8 Jahre | weibl. | 16,0 | 330 |
| 19 | Airedale | 8 Jahre | weibl. | 16,0 | 330 |
| 20 | Irish Setter | 8,5 Jahre | männl. | 15,6 | |
| 21 | Schäferhund | 8,5 Jahre | weibl. | 16,0 | 330 |
| 22 | Foxterrier | 9 Jahre | männl. | 16,4 | 325 |
| 23 | Pudel | 9 Jahre | männl. | 16,2 | 330 |
| 24 | Teckel | 9 Jahre | männl. | 16,0 | 330 |
| 25 | Airedale | 9 Jahre | männl. | 16,0 | 330 |
| 26 | Foxterrier | 9 Jahre | männl. | 15,0 | 325 |
| 27 | Schäferhund | 9 Jahre | männl. | 15,0 | 330 |
| 28 | Schäferhund | 9 Jahre | weibl. | 15,8 | |
| 29 | Boxer | 9 Jahre | weibl. | 15,8 | 335 |
| 30 | Bastard | 9 Jahre | weibl. | 16,0 | 325 |
| 31 | Airedale | 9 Jahre | weibl. | 15,4 | 330 |
| 32 | Boxer | 9 Jahre | weibl. | 16,2 | 335 |
| 33 | Schäferhundbast. | 9 Jahre | weibl. | 16,0 | 330 |

---

Gruppe 7 (9 bis 11 Jahre)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Airedale | 9,5 Jahre | weibl. | 15,8 | |
| 2 | Schäferhund | 10 Jahre | männl. | 14,8 | 320 |
| 3 | Schäferhund | 10 Jahre | männl. | 15,0 | 320 |
| 4 | Foxterrier | 10 Jahre | männl. | 14,6 | 325 |
| 5 | Spitz | 10 Jahre | männl. | 15,2 | 325 |

| Nr. | Rasse | Alter | Geschl. | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Teckel | 10 Jahre | männl. | 15,2 | 320 |
| 7 | Airedale | 10 Jahre | männl.. | 15,2 | 330 |
| 8 | Schäferhund | 10 Jahre | männl. | 15,0 | 320 |
| 9 | Bastard | 10 Jahre | weibl. | 15,0 | 330 |
| 10 | Irish Setter | 10 Jahre | weibl. | 15,2 | 330 |
| 11 | Bastard | 10 Jahre | weibl. | 15,6 | 330 |
| 12 | Schäferhund | 10 Jahre | weibl. | 15,6 | 325 |
| 13 | Airedale | 11 Jahre | männl. | 15,2 | 325 |
| 14 | Foxterrierbast. | 11 Jahre | männl. | 15,4 | 330 |
| 15 | Spaniel | 11 Jahre | männl. | 15,0 | 330 |
| 16 | Spanielbast. | 11 Jahre | weibl. | 15,4 | 320 |
| 17 | Foxterrier | 11 Jahre | weibl. | 15,2 | 320 |
| 18 | Münsterländer | 11 Jahre | weibl. | 15,2 | 325 |
| 19 | Schäferhund | 11 Jahre | männl. | 16,0 | 310 |
| 20 | Spaniel | 11,5 Jahre | männl. | 14,2 | 315 |

Versuchsreihe II (Urämiker)

Gruppe 1 (Fälle, bei denen eine pathologisch-anatomische Untersuchung durchgeführt wurde).

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 1 | | | |
| 1.3.58 | | | |
| Schäferhund, weiblich, | | | |
| 10 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Anhaltender Vomitus, | | | |
| Inappetenz, | | | |
| Urämischer Foetor ex ore. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 400 | 21,6 | 300 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Hochgradige Schrumpfnieren. | | | |
| Fall 2 | | | |
| 23.3.58 | | | |
| Schäferhund, weiblich, | | | |
| 8 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Apathie, Vomitus, Foetor ex ore, | | | |
| Salivation, Unterzungennekrose. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 310 | 22,0 | 295 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Hochgradige chronisch-interstitielle Nephritis. | | | |
| Fall 3 | | | |
| 20.5.59 | | | |
| Bastard, weiblich, | | | |
| 8 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Vor 8 Tagen an Pyometra operiert, | | | |
| später Vomitus, Polydipsie. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 620 | 19,8 | 300 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Schrumpfnieren. | | | |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 4 | | | |
| 28.12.59 | | | |
| Chow-Bastard, männlich, | | | |
| 10 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Polydipsie, Vomitus, | | | |
| urämischer Foetor ex ore, | | | |
| Auftreibung am Oberkiefer, | | | |
| Gummikiefer. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 150 | 24,2 | 305 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Hochgradige Schrumpfnieren. | | | |
| Fall 5 | | | |
| 13.5.59 | | | |
| Bastard, männlich, | | | |
| 12 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Vomitus, Polydipsie, | | | |
| urämischer Foetor ex ore, | | | |
| Inappetenz. | | | |
| Harn: Spez. Gew. : 1015. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 160 | 21,8 | 290 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Hochgradige Schrumpfnieren. | | | |
| Fall 6 | | | |
| 22.1.60 | | | |
| Boxer, weiblich, | | | |
| 4 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 8 Wochen Polydipsie, Abmagerung, Inappetenz, Vomitus. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1004. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 220 | 24,2 | 300 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Hochgradige Schrumpfnieren. | | | |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 7 | | | |
| 22.5.59 | | | |
| Malteser, männlich, | | | |
| 10 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit längerer Zeit starker | | | |
| Vomitus, Inappetenz, | | | |
| Foetor ex ore. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1004. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 400 | 20,6 | 310 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Schrumpfnieren. | | | |
| Fall 8 | | | |
| 28.9.59 | | | |
| Bastard, männlich, | | | |
| 9 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 8 Tagen Inappetenz, | | | |
| Vomitus, Foetor ex ore, | | | |
| Stomatitis ulcerosa. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 550 | 21,2 | 300 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Hochgradige Schrumpfnieren. | | | |
| Fall 9 | | | |
| 2.6.59 | | | |
| Schäferhund, weiblich, | | | |
| 8 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 14 Tagen Polydipsie, | | | |
| Vomitus, Abmagerung. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1006. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 360 | 22,8 | 285 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Feingranulierte Schrumpfnieren. | | | |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 10 | | | |
| 29.6.59 | | | |
| Schäferhund, männlich, | | | |
| 9 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 10 Tagen Vomitus, | | | |
| Polydipsie, Abmagerung, | | | |
| Diarrhoe. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1002. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 280 | 18,8 | 300 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Nephrose. | | | |
| Fall 11 | | | |
| 19.7.59 | | | |
| Airedale, männlich, | | | |
| 11 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 8 Tagen keine Futter- | | | |
| aufnahme, Apathie, Abmagerung, | | | |
| übler Geruch aus dem Fang, | | | |
| Stomatitis ulcerosa. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 200 | 19,4 | 290 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Feingranulierte Schrumpfnieren. | | | |
| Fall 12 | | | |
| 29.7.59 | | | |
| Schäferhund, weiblich, | | | |
| 11 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Polydipsie, Vomitus, In- | | | |
| appetenz, Foetor ex ore. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 500 | 18,6 | 305 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Schrumpfnieren. | | | |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 13 | | | |
| 27.7.59 | | | |
| Boxer, männlich, | | | |
| 9 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 14 Tagen Vomitus, | | | |
| Polydipsie, Inappetenz, | | | |
| urämischer Foetor ex ore. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 400 | 20,6 | 280 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Hochgradige Schrumpfnieren. | | | |
| Fall 14 | | | |
| 3.8.59 | | | |
| Teckel, weiblich, | | | |
| 12 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Vomitus, Foetor ex ore. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 200 | 19,0 | 265 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Glomerulitis und inter- | | | |
| stitielle Nephritis. | | | |
| Fall 15 | | | |
| 12.10.59 | | | |
| Pudel, männlich, | | | |
| 9 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Vomitus und Inappetenz. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1010. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 200 | 23,6 | 265 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Feingranulierte Schrumpfnieren | | | |
| mit Zystenbildung. | | | |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 16 | | | |
| 19.10.59 | | | |
| Schäferhund, männlich, | | | |
| 8 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 3 Wochen Polydipsie, | | | |
| Apathie, Vomitus, | | | |
| Inappetenz, Abmagerung. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1008. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 600 | 22,8 | 295 |
| Patholog.-Diagnose: | | | |
| Schrumpfnieren. | | | |

Gruppe 2 (Fälle, bei denen keine pathologisch-anatomische Untersuchung durchgeführt werden konnte).

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fall 1 | | | |
| 30.6.59 | | | |
| Bastard, männlich, | | | |
| 9 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Vomitus, Polydipsie, | | | |
| Apathie, | | | |
| urämischer Foetor ex ore. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1010. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 300 | 25,0 | 295 |
| Fall 2 | | | |
| 3.6.59 | | | |
| Schäferhund, männlich, | | | |
| 12 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 3 Wochen Inappetenz, | | | |
| Polydipsie, Abmagerung, | | | |
| Foetor ex ore. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1005. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 360 | 20,8 | 300 |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 3<br>15.6.59<br>Scotch-Terrier, männlich,<br>10 Jahre alt.<br>Klinische Erscheinungen:<br>Seit 3 Wochen Inappetenz,<br>Abmagerung, seit 5 Tagen<br>Vomitus.<br>Harn: Spez. Gew.: 1008.<br>Klinische Diagnose: Urämie. | 280 | 19,6 | 310 |
| Fall 4<br>13.7.59<br>Foxterrier, weiblich,<br>8 Jahre alt.<br>Klinische Erscheinungen:<br>Polydipsie, Inappetenz,<br>Abmagerung.<br>Klinische Diagnose: Urämie. | 320 | 19,2 | 310 |
| Fall 5<br>29.7.59<br>Bastard, männlich,<br>11 Jahre alt.<br>Klinische Erscheinungen:<br>Vor 3 Wochen Operation<br>eines Tumors an der<br>Unterbrust, Polydipsie,<br>Erbrechen, Foetor ex ore.<br>Klinische Diagnose: Urämie. | 200 | 20,2 | 310 |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 6 | | | |
| 30.6.59 | | | |
| Boxer, weiblich, | | | |
| 9 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Apathie, Polydipsie. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1002. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 140 | 23,0 | 270 |
| Fall 7 | | | |
| 31.7.59 | | | |
| Bastard, männlich, | | | |
| 6 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Polydipsie, starker | | | |
| Vomitus. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1008. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 340 | 19,6 | 295 |
| Fall 8 | | | |
| 5.8.59 | | | |
| Rauhhaarteckel, männlich, | | | |
| 8 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Vorbehandelt wegen starker | | | |
| Erregbarkeit, jetzt | | | |
| urämischer Foetor ex ore. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 450 | 18,8 | 275 |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 9<br>11.8.59<br>Teckel, männlich,<br>9 Jahre alt.<br>Klinische Erscheinungen:<br>Überweisung zur Harn- und Blutuntersuchung.<br>Seit Wochen Polydipsie und Abmagerung.<br>Harn: Spez. Gew.: 1006.<br>Klinische Diagnose: Urämie. | 400 | 18,4 | 285 |
| Fall 10<br>8.10.59<br>Schäferhund, männlich,<br>7 Jahre alt.<br>Klinische Erscheinungen:<br>Seit 2.10. Inappetenz, Vomitus, Polydipsie.<br>Harn: Spez. Gew.: 1002.<br>Klinische Diagnose: Urämie. | 180 | 19,8 | 300 |
| Fall 11<br>14.10.59<br>Langhaarteckel, männlich,<br>9 Jahre alt.<br>Klinische Erscheinungen:<br>Am Anfang des Jahres wegen Urämie in Behandlung gewesen. Nach Behandlung Harnst. von 270 mg% auf 30 mg% zurückgegangen. Jetzt wieder urämischer Foetor ex ore.<br>Harn: Spez. Gew.: 1005.<br>Klinische Diagnose: Urämie. | 200 | 20,8 | 265 |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 12 | | | |
| 14.10.59 | | | |
| Irish-Setter, männlich, | | | |
| 7 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Vomitus, Polydipsie, | | | |
| Apathie, Foetor ex ore. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1002. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 200 | 18,8 | 280 |
| Fall 13 | | | |
| 1.2.60 | | | |
| Boxer, weiblich, | | | |
| 9 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit 5 Wochen Polydipsie, | | | |
| Abmagerung, Vomitus, | | | |
| urämischer Foetor ex ore. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1004. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 100 | 21,4 | 280 |
| Fall 14 | | | |
| 28.1.60 | | | |
| Schäferhund, männlich, | | | |
| 8 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Urämischer Foetor ex ore, | | | |
| Stomatitis ulcerosa. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1008. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 460 | 20,8 | 285 |

| | Blutuntersuchung: | | |
|---|---|---|---|
| | Harnst. in mg% | Serum-K. in mg% | Serum-Na. in mg% |
| Fall 15 | | | |
| 7.7.59 | | | |
| Boxer, männlich, | | | |
| 6 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Polydipsie, Inappetenz, | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1010. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 300 | 24,6 | 310 |
| Fall 16 | | | |
| 10.8.59 | | | |
| Schäferhund, männlich, | | | |
| 6 Jahre alt. | | | |
| Klinische Erscheinungen: | | | |
| Seit Wochen Polydipsie, | | | |
| urämischer Foetor ex ore. | | | |
| Harn: Spez. Gew.: 1010. | | | |
| Klinische Diagnose: Urämie. | 600 | 22,6 | 295 |

## V. Diskussion

Zur Ermittlung der Normalserumwerte für Kalium wurden 140 und zur Feststellung der Natriumserumwerte 116 Hunde beiderlei Geschlechtes im Alter von 6 Monaten bis zu 11 Jahren herangezogen.

Die Ergebnisse für Kalium liegen zwischen 21,4 mg% und 14,2 mg%. Die ermittelten Natriumkonzentrationen bewegen sich in den Grenzen zwischen 365 mg% und 310 mg%. Hieraus ergibt sich für Kalium ein Mittelwert von 4,43 maeq/l bzw. 17,26 mg% ± 0,142 mg%. Der Mittelwert für Natrium beträgt 146,43 maeq/l bzw. 336,8 mg% ± 1,009 mg%.

Diese Werte decken sich weitgehend mit den Ergebnissen von Carr und Schloerb (10), die aus ihren Messungen an 99 Hunden für Kalium einen Normalserumwert von 3,8 maeq/l und für Natrium eine mittlere Serumkonzentration von 148,8 maeq/l errechneten. Heine (22) fand bei 13 gesunden Hunden für Kalium einen Mittelwert von 4,81 maeq/l und für Natrium einen Mittelwert von 150,07 maeq/l. An 7 Hunden ermittelte Schütz (47) eine mittlere Serumkaliumkonzentration von 19,1 mg% und eine Serumnatriumkonzentration von 347 mg%. Einen Natriumserumwert von 143 maeq/l gibt Albritton (2) an.

Diesen vergleichsweise niedrigen Werten stehen die Angaben älterer Autoren gegenüber, von denen Abderhalden (1) die Serumnatriumkonzentration mit 426,3 mg% und die Serumkaliumkonzentration mit 22,6 mg% angibt.

Bunge (9) fand für Natrium einen Mittelwert von 432,4 mg% und für Kalium einen Mittelwert von 20,2 mg%. Beide Autoren

bedienten sich bei ihren Versuchen chemischer Methoden. Ein geschlechtsbedingter Unterschied in der Höhe des Kalium- bzw. Natriumserumspiegels liegt nach meinen Ergebnissen nicht vor.

Die Altersklassen, die aus den normalen Probanden gebildet wurden, ergaben folgende Mittelwerte:

| Alter | Serum-K. in maeq/l bzw. mg% | Serum-Na. in maeq/l bzw. mg% |
|---|---|---|
| bis 6 Monate | 5,15 bzw.20,1±0,3351 | 153,91 bzw.354±2,345 |
| 6 bis 12 Mon. | 4,92 bzw.19,2±0,1765 | 151,30 bzw.348±1,465 |
| 1 bis 2 Jahre | 4,71 bzw.18,4±0,1857 | 149,57 bzw.344±0,912 |
| 2 bis 4 Jahre | 4,44 bzw.17,3±0,1816 | 147,39 bzw.339±1,499 |
| 4 bis 6 Jahre | 4,33 bzw.16,9±0,1418 | 145,65 bzw.335±1,174 |
| 6 bis 9 Jahre | 4,10 bzw.16,0±0,1108 | 143,48 bzw.330±0,645 |
| 9 bis 11 Jahre | 3,90 bzw.15,2±0,0900 | 140,87 bzw.324±1,318 |

Mit zunehmendem Alter sinkt die Konzentration der Elemente Natrium und Kalium im Serum ab. Der Abfall beträgt in einem Lebensabschnitt zwischen 0,5 und 11 Jahren für Natrium 8,47% und für Kalium 24,38%. Demgegenüber fand Kornberg (30), der die Serumwerte für Natrium bei 314 klinisch gesunden Rindern bestimmte, einen mäßigen Anstieg von 346,462 mg% bei bis 8 Wochen alten Kälbern auf 358,175 mg% bei über 10 jährigen Rindern.

Die Mittelwerte der von mir untersuchten Altersklassen zeigen, daß sich beim Hund die wesentliche Abnahme des Serumkaliums bzw. Natriums in den frühen Lebensabschnitten, etwa im Alter bis zu 2,5 Jahren vollzieht. Von diesem Zeitpunkt

ab läßt sich ein gleichbleibender, wenn auch schwächerer Abfall dieser Elemente im Serum verfolgen.
Nachfolgend sind die Mittelwerte des Serumkaliums und Serumnatriums der verschiedenen Altersklassen graphisch dargestellt.

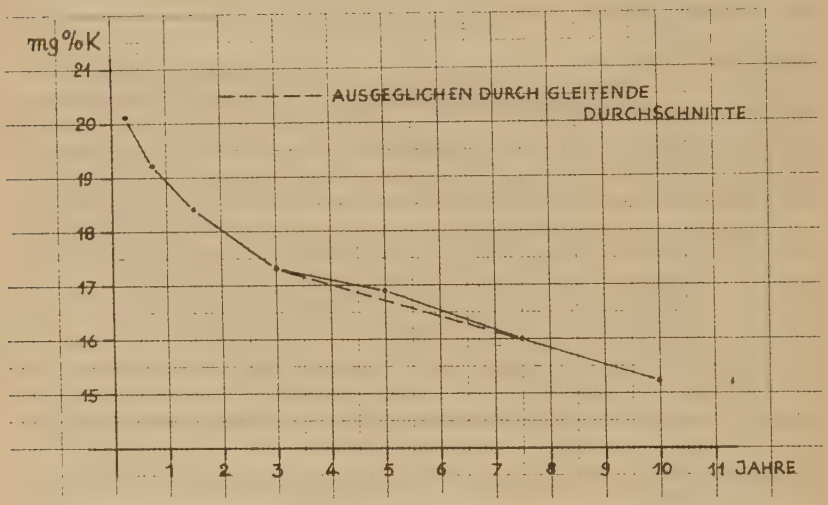


Abb. 1 Serumkalium in Abhängigkeit vom Alter.

Ungenauigkeiten, bedingt durch zu grobe Altersangaben durch den Besitzer, wurden mittels gleitender Durchschnitte ausgeglichen. Hierbei deckt sich die empirische Kurve des Serumnatriums vollständig mit der durch gleitende Durchschnitte ausgeglichenen Kurve. Lediglich die Kurve des Serumkaliums weist im Punkt der 4 bis 6 jährigen Versuchstiere einen leicht aus dem Rahmen fallenden Mittelwert auf, der durch die gleitenden Durchschnitte ausgeglichen wurde.
Zur Ermittlung, ob es sich bei dem genannten Abfall der Se-

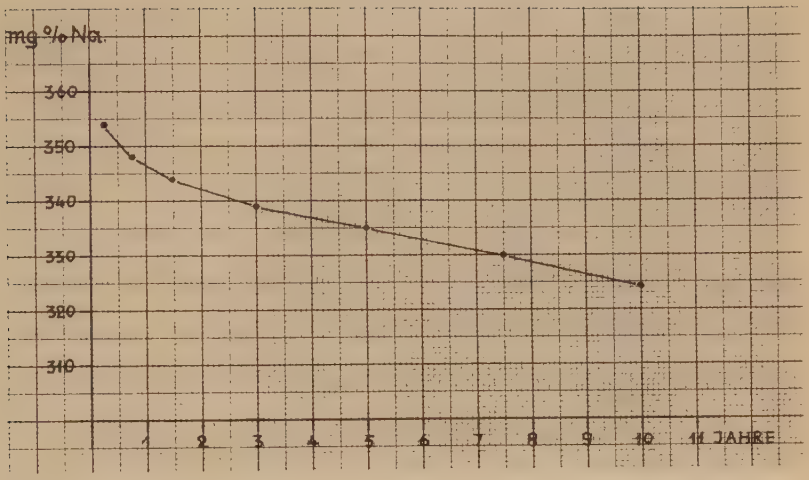


Abb. 2 Serumnatrium in Abhängigkeit vom Alter.

rumkonzentrationen dieser Elemente etwa um ein zufälliges Ergebnis handelt, wurden die Meßergebnisse der Klassen 1 bis 4 (Hunde bis zu einem Alter von 4 Jahren), sowie die der Klassen 5 bis 7 (Hunde von 4 bis 11 Jahren) gegenübergestellt und auf ihre Signifikanz geprüft. Darüberhinaus beabsichtigte ich mit dieser Einteilung jene Normalwerte in einer Gruppe zusammenzufassen, die sich später hinsichtlich des Alters der Probanden mit dem der Urämiker vergleichen lassen.

Mittelwert der Altersklassen 1 bis 4:

Serum-Na.: 150,00 maeq/l bzw. 345 mg% ± 1,0533 mg%

Serum-K. : 4,77 maeq/l bzw. 18,6 mg% ± 0,1554 mg%

Mittelwerte der Altersklassen 5 bis 7 :

Serum-Na.: 143,48 maeq/l bzw. 330 mg% ± 0,8396 mg%

Serum-K. : 4,10 maeq/l bzw. 16,0 mg% ± 0,1003 mg%

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen dem Mittelwert des Serumnatriums der Altersklassen 1 bis 4 und dem der Altersklassen 5 bis 7. Signifikant ist ebenfalls der Unterschied des Mittelwertes des Serumkaliums der Klassen 1 bis 4 und dessen der Klassen 5 bis 7.
Die Berechnung der Signifikanz erfolgte nach dem t-Test (52).

In der Versuchsreihe II wurden 32 urämische Patienten untersucht, von denen 16 wegen ihres schlechten Allgemeinbefindens getötet und einer pathologisch-anatomischen Untersuchung unterzogen wurden. Die klinischen Erscheinungen äußerten sich im allgemeinen in Vomitus, Polydipsie, Inappetenz, sowie Abmagerung und Foetor ex ore. In einigen Fällen wurde Stomatitis ulcerosa, Unterzungennekrose und Gummikiefer festgestellt. Der Blutharnstoff wies stets erhöhte Werte zwischen 100 und 620 mg% auf. Bei denjenigen Patienten, bei denen eine pathologisch-anatomische Untersuchung durchgeführt wurde, lautete die Diagnose in der Mehrzahl der Fälle: Schrumpfnieren. Je einmal wurde Nephrose und Glomerulitis diagnostiziert. Alle Patienten waren älter als 6 Jahre.

Der Kaliumspiegel der Urämiker zeigte gegenüber dem der 4 bis 11 jährigen Versuchstiere eine signifikante Erhöhung. Er liegt in den Grenzen von 18,4 mg% und 25,0 mg%, mit einem Mittelwert von 5,41 maeq/l bzw. 21,1 mg% ± 0,342 mg%.

Der Serumnatriumspiegel weist gegenüber den normalen Hunden gleicher Altersklassen eine deutliche Tendenz zum Absinken auf. Die ermittelten Werte lagen hier bei den Urämikern zwischen 265 mg% und 310 mg%, mit einem Mittelwert von 126,96 maeq/l bzw. 292 mg% $\pm$ 2,458 mg%. Gegenüber dem Mittelwert von 143,48 maeq/l bzw. 330 mg% bei normalen Hunden gleichen Alters besteht auch hier eine signifikante Differenz. Eine Abhängigkeit der bei den Urämikern festgestellten Serumelektrolytverschiebungen von der Höhe der Harnstoffkonzentration im Blut kann nach den vorliegenden Untersuchungen nicht als gegeben angesehen werden.
Nachstehende Abbildungen sollen diese Beobachtung veranschaulichen.

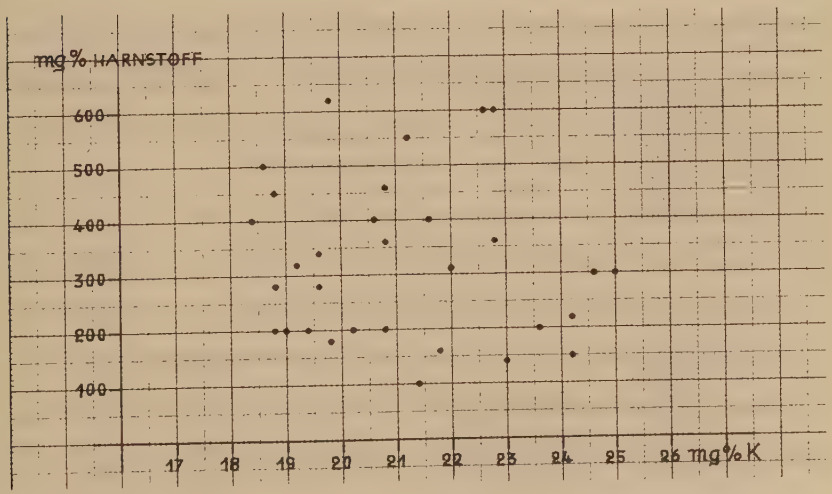


Abb. 3 Serumkalium bei erhöhtem Blutharnstoff.

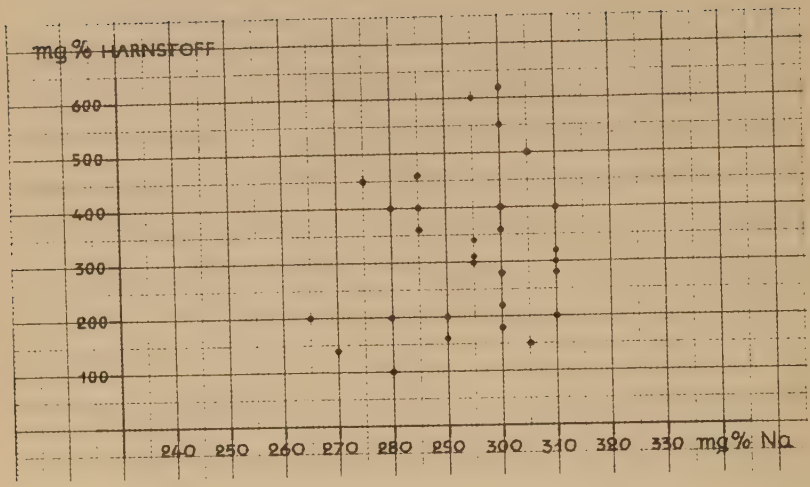


Abb. 4 Serumnatrium bei erhöhtem Blutharnstoff.

Die bei urämischen Hunden gemachten Beobachtungen stimmen mit den Beobachtungen überein, die Heuchel (25) bei urämischen Menschen machte. Er beschreibt bei diesen einen Anstieg des Serumkaliums und einen Abfall des Serumnatriums. Auch Nelken und Steinitz (39) berichten von einem Ansteigen des Serumkaliums bei chronischen Nephritiden des Menschen. Heuchel (25) erklärt, wie bereits erwähnt, diese Elektrolytverschiebungen durch die urämische Intoxikation, welche zur Öffnung der Gefäßwandschranke führt, so daß es zum Austritt von Natrium aus der Blutbahn und zum Einwandern von Kalium aus dem Gewebe kommt. Ob,und in welchem Maße jedoch die Niere selbst an der Entstehung dieser Serumelektrolytverschiebungen unmittelbar beteiligt ist, etwa auf Grund einer verminderten Glomerulusfiltrationsrate bzw. herabgesetzten Funktion der sezernierenden Teile des tubulären Apparates der Niere, ist derzeit noch ungewiß.

## VI. Zusammenfassung

Mit Hilfe eines Flammenphotometers der Firma Zeiss vom Typ PF 5 wurden Untersuchungen auf Kalium und Natrium im Blutserum gesunder und urämischer Hunde durchgeführt.
Bei 140 untersuchten klinisch gesunden Hunden ergab sich eine mittlere Kaliumserumkonzentration von:

4,43 maeq/l oder 17,26 mg% ± 0,142 mg%.

Trotz einer nur um 0,2 bis 0,5 mg% igen Erhöhung des Serumkaliums durch Vollhämolyse beim Hund wurden rötliche, d.h. teilhämolytische Seren verworfen.
Bei 116 klinisch gesunden Hunden wurde eine mittlere Serumnatriumkonzentration von:

146,43 maeq/l oder 336,8 mg% ± 1,009 mg%

gefunden.
Mit zunehmendem Lebensalter sinkt der Serumspiegel beider Elemente (zwischen 0,5 und 11 Jahren sinkt Kalium um 24,4%, im gleichen Zeitraum sinkt Natrium um 8,5%).
Signifikante Unterschiede in der Serumkonzentration von Kalium und Natrium zwischen männlichen und weiblichen Tieren gleicher Altersstufen waren nicht festzustellen.
Die Serumwerte von Kalium und Natrium wurden bei 32 urämischen Hunden bestimmt, bei denen in 16 Fällen durch eine pathologisch-anatomische Untersuchung eine Nierenentzündung festgestellt wurde. Die Serumkaliumkonzentration wies erhöhte Werte bis zu 25,0 mg% auf. Der Unterschied gegenüber den Serumwerten für Kalium bei gesunden Hunden gleicher Altersstufen ist signifikant.

Natrium zeigt bei den Urämikern eine deutlich abfallende Tendenz. Es wurden Werte bis zu 265 mg% gefunden. Auch hier besteht ein signifikanter Unterschied gegenüber den Werten gesunder Hunde gleichen Alters.
Eine Abhängigkeit der Verschiebung der Serumelektrolyte Kalium und Natrium von der Höhe des Blutharnstoffgehaltes konnte nicht nachgewiesen werden.

## VII. Literaturverzeichnis


1. Abderhalden, E. — Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. Zschr. physiol. Chemie 23, 521, 1897. und 25, 64, 1898.

2. Albritton, E. C. — Standard values in blood. Philadelphia, London: 1952 Saunders.

3. Artmann, E. u. Wise, R. A. — Hypokalemia in liver cell failure. Amer. J. Med. 15, 459, 1953.

4. Baumgarten, F. — Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der verschiedenartigen Zufuhr von Chlor, Natrium, Phosphor und Eiweiß in der Nahrung auf den Mineralstoffspiegel derselben Elemente im Rinderblut bei Stallhaltung und Weidegang. Leipzig, Vet.-med. Diss. 1933.

5. Belke, J. u. Dierkesmann, A. — Eine flammenphotometrische Methode zur Bestimmung von Natrium, Kalium und Calcium in biologischen Flüssigkeiten. Naunyn- Schmiedebergs Arch. exper. Path. 205, 629, 1948.

6. Benetato, G. u. Ciurdariu, P. — Influence de l'age sur le potassium sanguin. C. r. Soc. Biol. 132, 175, 1939. Ref. in: Ber. Physiol. 118, 380, 1940.

7. Brix, H. — Natrium-, Kalium- und Magnesiumbestimmungen im Gesamtblut von gesunden und kranken Hunden. Leipzig, Vet.-med. Diss. 1933.

8. Brock, N. Druckrey, H. u. Herken, H. — Die Bedeutung des Kaliums für das lebende Gewebe. Biochem. Zschr. 302, 393, 1939.

9. Bunge, G. Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zschr. Biol. 12, 191, 1876.

10. Carr, M. H. u. Schloerb, P. R. Blood components in the dog: normal values. J. Laborat. Clin. Med. 53, 646, 1959.

11. Corsa, L. u.a. Measurement of exchangeable potassium in man by isotope dilution. J. Clin. Invest. 29, 1280, 1950.

12. Derot, M. u.a. Le potassium dans les nephropathies tubulaires anuriques. Presse méd. 61, 207, 1953.

13. Eisenhard, A. Flammenphotometrische Kaliumbestimmung im Serum von Schweinen. Hannover, Vet.-med. Diss. 1954.

14. Engel, R. Kalium-Mangel. Dtsch. med. Wschr. 74, 1389, 1949.

15. Fleckenstein, A. Der Kalium- Natrium- Austausch als Energieprinzip in Muskel und Nerv. Berlin- Göttingen- Heidelberg: Verl. Springer 1955.

16. Fleckenstein, A. Kaliumsensibilatoren. Naunyn- Schmiedebergs Arch. exper. Path. 212, 54, 1950/51.

17. Gafner, P. Über den Natrium- und Kaliumgehalt des Blutplasmas einiger Haustiere, sowie den Einfluß peroraler Natrium- und Kaliumverabreichung auf den Gehalt dieser Elemente im Blut der Ziege. Bern, Vet.-med. Diss. 1955.

18. Gamble, J. L. Chemical anatomy, physiology and pathology of extracellular fluid. Cambridge, Mass.: Havard Univ. Press 195

19. Hagemann, O. u. Ohl, E. Über die biologische Bedeutung des Kaliums für den menschlichen und tierischen Organismus.
Die landwirtschaflichen Versuchs-Stationen, 106, 125, 1927.

20. Hegglin, R. Über Herzinsuffizienzprobleme.
Schweiz. med. Wschr. 83, 1103, 1953.

21. Heilmeyer, L. Lehrbuch der speziellen pathologischen Physiologie. 9. Aufl.
Stuttgart: Verl. Fischer 1955.

22. Heine, W. Beitrag zur flammenphotometrischen Kalium- und Natriumbestimmung im Serum von Hunden.
Hannover, Vet.-med. Diss. 1959.

23. Herrmann, R. Flammenphotometrie im medizinischen Laboratorium.
Ärztl. Laborat. 2, 229, 1956.

24. Herrmann, R. Zur flammenphotometrischen Analyse von Natrium, Kalium und Calcium im Serum.
Zschr. exper. Med. 118, 187, 1952.

25. Heuchel, G. Diskussionsbemerkungen in:
Patholog. Physiolog. und Klinik der Nierensekretion.
3. Freiburger Symposion vom 27. - 29. Juni 1954.
Berlin- Göttingen- Heidelberg: Verl. Springer 1955, S. 124.

26. Howard, J. E. Role of potassium in medical therapy.
Connecticut Med. J., 14, 596, 1950.

27. Kaufheil, G. u. Kisch, F. Der Kalium- und Calciumgehalt des Gesamtblutes.
Klin. Wschr. 6, 1328, 1927.

28. Klaus, H. Die flammenphotometrische Bestimmung des Natrium-, Kalium- und Calciumgehaltes im Serum von gesunden, gebärenden und laktierenden Hunden. Leipzig, Vet.-med. Diss. 1955.

29. Kment, A. Kaliumbestimmungen im Serum von Haustieren. Wien. tierärztl. Mschr. 36, 396, 1949.

30. Kornberg, L. Flammenphotometrische Bestimmungen des Natriumgehaltes im Blutserum klinisch gesunder und kranker Pferde, Rinder und Schafe. Hannover, Vet.-med. Diss. 1957.

31. Kühns, A. Ficken, A. u. Hoffmeister, H. E. Untersuchungen über Kaliumstoffwechsel und Herztätigkeit beim Crush-Syndron. Zschr. exper. Med. 125, 519, 1955.

32. Lans, H. S. u.a. Hypokalemia due to persistent vomiting during pregnancy. J. Amer. med. Ass. 153, 1012, 1953.

33. Lapides, J. Fluid and elektrolyte disturbances in potassium. J. Amer. med. Ass. 152, 1305, 1953.

34. Lehnartz, E. Physiologische Chemie. Wiesbaden: Dietrich. (Naturforschung und Medizin in Deutschland 1939-46. Bd. 60).

35. Martin, H. E. u.a. Etiology and treatment of serum potassium deficits. J. Amer. med. Ass. 147, 24, 1951.

36. Morgulis, S. Über den Calcium- und Kaliumgehalt im Blutserum hungernder Hunde. Biochem. Zschr. 208, 257, 1929.

37. Muth, H.-W. u. Beckmann, W. Klinische Flammenphotometrie. Ärztl. Wschr. 7, 961, 1952.

38. Naegeli, H. R. Die Stellung des Kaliums im Wasser- und Elektrolythaushalt. Basel: Schwabe, 1953, S. 14,32,58.

39. Nelken, C. u. Steinitz, H. Über den Gehalt des Blutserums an Calcium und Kalium bei Nierenkrankheiten. Zschr. Klin. Med. 103, 317, 925, 1926.

40. v. Oer, A. u. Hoefert, H. J. Zur Methodik der flammenphotometrischen Bestimmung von Natrium, Kalium und Calcium im Blutserum. Naunyn-Schmiedebergs Arch. exper. Path. 214, 109, 1951.

41. Pigor, E. Zur flammenphotometrischen Bestimmung von Calcium, Natrium und Kalium im Blutserum. Gießen, Vet.-med. Diss. 1954.

42. Polaĉek, E. Parenteralflüssigkeitstherapie im Kindesalter. Basel, New-York: Karger 1950. (Bibliotheca paediatrica. 50).

43. Rix, u. Peitmann. Über die Verschiebungen des Kationengehaltes im Blutserum des Kaninchen bei experimenteller Lipocholesteriäemie. Zbl. Path. 63, Erg.-H. 215, 1935.

44. Scharrer, K. Die biochemischen Grundlagen der Tierernährungslehre. Stuttgart: Enke 1950.

45. Schreiber, R. Über die biochemische Bedeutung des Kaliums für die landwirtschaftlichen Nutztiere. Mhefte Vet. Med. 3, 28, 1948.

46. Schütte, E. — Der Natriumstoffwechsel - Der Kaliumstoffwechsel in: Physiologische Chemie, herausgegeben von B. Flaschenträger und E. Lehnartz. II, 1a, 618, 623. Berlin- Göttingen- Heidelberg: Verl. Springer 1954.

47. Schütz, W. — Flammenphotometrische Untersuchungen von Calcium, Natrium und Kalium im Blutserum der Haustiere. Gießen, Vet.-med. Diss. 1954.

48. Schwartz, W. B. u. Relman, A. S. — Elektrolyte disturbances in congestive heart failure, clinical significance and management. J. Amer. Med. Ass. 154, 1237, 1954.

49. Seldin, D. W. u. Tarail, R. — Effect of hypertonic solutions on metabolism and excretion of elektrolytes. Amer. J. Physiol. 159, 160, 1949.

50. Sommer, H. — Beitrag zur flammenphotometrischen K.-Bestimmung im Serum und Plasma von Schweinen. Mhefte Vet. Med. 11, 154, 1956.

51. Thomßen, C. — Flammenphotometrische Kaliumuntersuchungen an Ratten, Meerschweinchen und Hunden. Leipzig, Vet.-med. Diss. 1956.

52. Weber, E. — Grundriß der biologischen Statistik. 2. Aufl. Jena: Verl. Fischer 1956.

53. Weber, H. u. Portzehl, H. — Kontraktion, ATP- Cyklus und fibrilläre Proteine des Muskels. Erg. Physiol., 47, 402, 1952.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich es nicht versäumen, Herrn Prof. Dr. L. F. Müller für die Überlassung des Themas dieser Arbeit, sowie für seine wertvollen Hinweise und Ratschläge meinen ergebenen Dank zu sagen.
Mein Dank gilt weiterhin den Mitarbeitern der Klinik für kleine Haustiere, die durch ihre freundliche Unterstützung bei der Materialbeschaffung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Photodruck der Photo Copie GmbH Berlin

## Lebenslauf

Am 6. April 1935 wurde ich in Schleusingen als Sohn des Tierzuchtassistenten Werner Köhler und dessen Ehefrau Ilse, geb. Büttner, geboren.
Von 1942 bis 1950 besuchte ich die Volksschule und danach die Oberschule in Schleusingen.
Im Jahre 1954 legte ich die Reifeprüfung ab.
Nach Absolvierung der 13. Klasse der Oberschule am Goethe-Gymnasium in Berlin-Wilmersdorf begann ich im Wintersemester 1955/56 das Studium der Medizin an der Freien Universität Berlin. Nach dem ersten Semester wechselte ich zur Veterinärmedizinischen Fakultät über, wo ich im Sommersemester 1957 die tierärztliche Vorprüfung ablegte.
Das Staatsexamen bestand ich am 9. 12. 1960.